

KAPASITAS LENTUR BALOK BAMBU WULUNG DENGAN BAHAN PENGISI MORTAR

Agus Setiya Budi ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS, Jl. Ir. Sutami, 36A Surakarta.
Email : ashetya@yahoo.com

Abstrak

Kebutuhan perumahan meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk, yang telah mengakibatkan peningkatan penggunaan kayu. Peningkatan kebutuhan material kayu untuk perumahan ini turut memicu penggundulan hutan yang semakin membahayakan kelestarian alam. Oleh sebab itu perlu adanya alternatif material lain sebagai pengganti kayu, salah satunya adalah bambu. Kekuatan balok bambu dapat dilihat dari kapasitas lentur, yaitu berupa nilai MOR, nilai MOE dan kemampuan menahan beban maksimum. Penelitian ini menguji kapasitas lentur balok bambu tanpa dan dengan pengisi mortar. Pengujian benda uji ini dilakukan di laboratorium dengan four point loading system. Balok uji menggunakan jenis bambu Wulung dengan diameter 8-10 cm dan panjang 320 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa balok bambu dengan pengisi mortar mengalami peningkatan beban maksimum jika dibanding dengan balok bambu tanpa pengisi rata-rata sebesar 63,95%, namun mengalami penurunan nilai MOR rata-rata sebesar 19,6% dan nilai MOE rata-rata sebesar 41,5%.

Kata kunci: kapasitas lentur, mortar, bambu wulung, MOR, MOE

Abstract

Housing demand has increased rapidly following population growth, which has resulted in increased timber usage. Increased demand for residential timber materials contributes to deforestation triggered an increasingly dangerous nature preservation. Therefore there is need for other alternative materials as a substitute for timber, one of them is bamboo. Strength of bamboo beams can be seen from the bending capacity, that is, the value of MOR, MOE value and a maximum load capacity. In this study tested the capacity of bending bamboo beams without and with filler mortar. Test test object is conducted in the laboratory with a four-point loading system. Beam test using Wulung bamboo species with a diameter of 8-10 cm and 320 cm length. Test results showed that the bamboo beam with increased filler mortar maximum load when compared with bamboo beam without filling an average of 63.95%, but the MOR values decreased an average of 19.6% and the MOE values decreased an average of 41,5%.

Keywords: bending capacity, mortar, wulung bamboo, MOR, MOE

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat terhadap tempat tinggal di Indonesia terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun. Hal tersebut tentunya akan memicu penggunaan kayu secara besar-besaran yang akan berdampak terganggunya kelestarian hutan yang ada, sehingga dapat merusak keseimbangan alam yang pada akhirnya akan merugikan manusia secara nyata. Untuk mengantisipasi kondisi ini maka pemerintah memperketat pengawasan penebangan hutan dan peredaran kayu hutan. Langkah ini berakibat keberadaan kayu semakin langka sehingga semakin mahal pula harganya. Perlu dipikirkan untuk mencari bahan bangunan yang murah dan mudah diperoleh dalam mengantisipasi permintaan masyarakat akan semakin tumbuhnya kebutuhan perumahan.

Sejak jaman dahulu kala masyarakat Indonesia terutama masyarakat Jawa telah mengenal bambu sebagai alternatif bahan bangunan yang murah dan mudah diperoleh. Selain untuk bahan bangunan yang berupa kolom, balok maupun struktur kuda-kuda, bambu juga dapat dimanfaatkan untuk bahan

konstruksi jembatan, perabot rumah tangga, alat-alat musik dan bahan baku kertas serta tunasnya dapat dimanfaatkan untuk bahan makanan [4].

Bambu merupakan salah satu material konstruksi yang tersebar di seluruh daerah tropis dan subtropis. Sepanjang tradisi, penggunaan bambu secara luas telah banyak terlihat dalam berbagai bentuk konstruksi. Berdasarkan data, pemanfaatan bambu telah memberikan pendapatan, makanan dan perumahan pada lebih dari 2,2 milyar penduduk di seluruh dunia [5].

Dengan memperhatikan kekuatan bambu yang tinggi dan didukung suatu kenyataan bambu dengan kualitas yang tinggi dapat diperoleh pada umur 2 sampai 5 tahun, suatu kurun waktu yang relatif singkat, serta dengan mengingat bahwa bambu mudah ditanam, dan tidak memerlukan suatu perawatan yang khusus, maka bambu mempunyai peluang yang besar untuk menggantikan kayu [3].

Mengacu pada penelitian tersebut dapat dipertimbangkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan struktur

bangunan. Penggunaan bambu sebagai bahan bangunan antara lain digunakan sebagai balok struktur yang diharapkan mempunyai kekuatan menahan beban yang tinggi dan mempunyai kekuatan lentur dan geser yang tinggi pula. Untuk itu penggunaan balok bambu secara langsung belumlah cukup. Alternatif perkuatan balok bambu untuk meningkatkan kemampuan balok dalam menahan beban yang bekerja serta meningkatkan kekuatan lentur dan geser adalah dengan menambah filler atau bahan pengisi pada rongga-rongga bambu. Salah satu alternatif bahan pengisi rongga bambu yang dapat dipakai adalah mortar.

Mortar dipilih sebagai bahan pengisi rongga bambu karena kemudahan mortar beton untuk masuk ke dalam rongga-rongga beton, mudah dibuat dan tahan lama. Mortar ini diisikan ke dalam rongga bambu sepanjang balok yang direncanakan. Sehingga dengan pemberian mortar ke dalam rongga bambu diharapkan terbentuk struktur komposit yang mampu menahan beban lentur yang cukup tinggi. Dengan demikian perlu adanya penelitian tentang kekuatan balok bambu dalam menahan beban maksimal yang diberikan terkait dengan keruntuhan lentur dan geser yang terjadi pada balok.

Berdasarkan uraian masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan yaitu berapa besar beban yang mampu ditahan balok serta berapa kapasitas lentur dan geser yang diperoleh dengan penambahan filler mortar pada rongga balok bambu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Janssen, JAA (1988) dalam Morisco (1999) [3] memberikan rekomendasi tentang keunggulan bambu sebagai berikut:

- Bambu dapat tumbuh sangat cepat dan dapat dibudidayakan secara cepat dan modal dapat diputar berkesinambungan.
- Bambu mempunyai sifat-sifat mekanika yang baik.
- Pengerjaan bambu hanya membutuhkan peralatan yang sederhana.
- Kulit luar bambu mengandung banyak silika yang membuat bambu terlindungi.

Bambu Hitam atau Wulung (*Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz ex Munro) mempunyai rumpun agak jarang, tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian 650 meter di atas permukaan air laut. Warna kulit batang hitam, hijau kehitam-hitaman atau ungu tua. Tinggi batang mencapai 20 m, panjang ruas 40-50 cm, dengan diameter 5-10 cm dan tebal dinding 8 mm [3].

Mortar adalah sebuah campuran yang mengandung bahan pengikat, air, dan agregat halus serta merupakan hasil dari pengerasan. Dengan bahan dan komposisinya, mortar mempunyai kesamaan dengan beton hanya saja dalam mortar tidak mengandung

agregat kasar. Mortar terbuat dari bahan dan komposisi yang berbeda tergantung pada aplikasi penggunaannya [6].

Perbandingan optimum antara air dengan semen adalah 0,28 namun dikebanyakan tempat bisa mencapai 0,35. Sedangkan untuk mengurangi susut (*shrinkage*) komposisi pasir : semen maksimum adalah 3 : 1. Langkah lain yang dapat diambil untuk mengurangi efek *shrinkage* adalah pada saat pelaksanaan pengisian mortar beton dilakukan ketika bambu masih dalam keadaan segar (basah), sehingga pada saat bambu mengering terjadi penyusutan yang mengakibatkan cengkaman bambu terhadap mortar semakin menguat ([3]).

Mengacu pada ASTM C 494-82, dikenal 7 jenis bahan kimia tambahan (*chemical admixture*), diantaranya adalah *superplasticizer* tipe F. Bahan kimia ini berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih. Penelitian ini menggunakan bahan tambahan tipe F (*superplasticizer*) tersebut dengan merk Merguss Normal sebanyak 2 % dari berat semen untuk tiap benda uji. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga mutu kuat tekan mortar tidak berubah.

Menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (LPMB,1961), [2] nilai MOE dari masing-masing kelas kayu tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai MOE dari kayu

Kelas kuat kayu	MOE (kg/cm ²)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Panjang kritis atau L kritis (L_c) adalah panjang balok dimana tegangan lentur dan tegangan geser terjadi bersamaan ketika pembebanan dikenakan pada balok. Untuk balok bambu yang akan digunakan pada pengujian kuat geser balok, panjang balok lebih pendek dari panjang balok kritis (L < L kritis), sedangkan panjang balok yang akan digunakan untuk pengujian lentur lebih panjang dari balok kritis (L > L kritis). L kritis didapat dengan cara penurunan rumus yaitu dari rumus tegangan lentur dan tegangan geser balok. [4].

Menurut Gere (2000) [1], tegangan lentur pada balok bambu kosong didapat menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P.a}{S} = \frac{P.a.y}{I} \quad (1)$$

dengan P adalah beban yang bekerja (kg), a adalah jarak pembebanan 1/3 L (cm), y adalah jarak dari

sumbu netral (cm), S adalah modulus penampang (cm³) dan I adalah momen inersia (cm⁴).

Tegangan geser pada balok bambu kosong adalah:

$$\tau = \frac{VQ}{lb} = \frac{4V}{3A} \left[\frac{r_2^2 + r_2r_1 + r_1^2}{r_2^2 + r_1^2} \right] \quad (2)$$

dengan V adalah gaya geser yang bekerja (kg), A adalah luas penampang bambu (cm²), r₂ adalah jari jari luar bambu (cm), dan r₁ adalah jari jari dalam bambu (cm).

Dari rumus dasar tersebut di atas, panjang balok kritis (L kritis) dapat dicari dengan ketentuan bahwa P lentur = P geser. Sehingga didapat,

$$L_{kritis} = \frac{\sigma(8r_2^3 - 8r_1^3) \left(\frac{r_2^2 + r_2r_1 + r_1^2}{r_2^2 + r_1^2} \right)}{8\tau.(r_2^2 - r_1^2)} \quad (3)$$

dengan σ adalah kuat lentur bambu (kg/cm²), τ adalah kuat geser bambu sejajar serat (kg/cm²), r₂ adalah jari-jari luar bambu (cm) dan r₁ adalah jari-jari dalam bambu (cm).

Sebagai komponen struktur, maka kapasitas lentur balok bambu ditentukan berdasarkan harga *modulus of rupture* (MOR) yang merupakan tegangan lentur maksimum balok, sedang tingkat kekakuan dan keelastisan balok diukur dari besaran *modulus elasticity* (MOE). Untuk memperoleh harga *modulus of rupture* (MOR) dan *modulus of elastisitas* (MOE), digunakan hubungan-hubungan yang disajikan dalam Persamaan 4 dan Persamaan 5 dengan tipe pembebanan empat titik seperti yang terlihat pada Gambar 1.

$$MOR = \frac{P \cdot \frac{1}{3} L}{S} \quad (4)$$

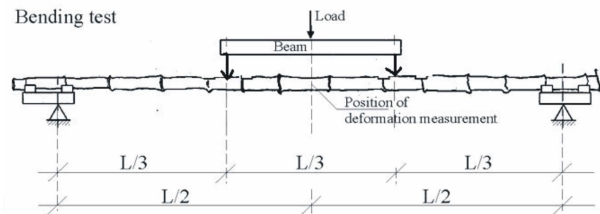
$$MOE = \frac{P_{prop} \cdot a}{24\delta_{prop} \cdot I} (3L^2 - 4a^2) \quad (5)$$

dengan P adalah beban maksimum (kg), a adalah jarak tumpuan dan beban (cm), s adalah modulus tampang, L adalah panjang balok (cm), P_{prop} adalah beban proporsional (N), δ adalah lendutan proporsional (cm), I adalah momen inersia (cm⁴).

3. METODE PENELITIAN

Bambu yang digunakan adalah jenis bambu Wulung yang didatangkan dari daerah Karangnongko, Klaten dalam bentuk lonjoran dengan panjang 12 m dalam kondisi yang masih segar dengan diameter luar 8-10 cm dengan panjang 320 cm untuk pengujian kapasitas lentur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pembebanan pada balok bambu dikenakan dengan metode *Four Point Loading Test*, seperti yang disajikan dalam Gambar 1.



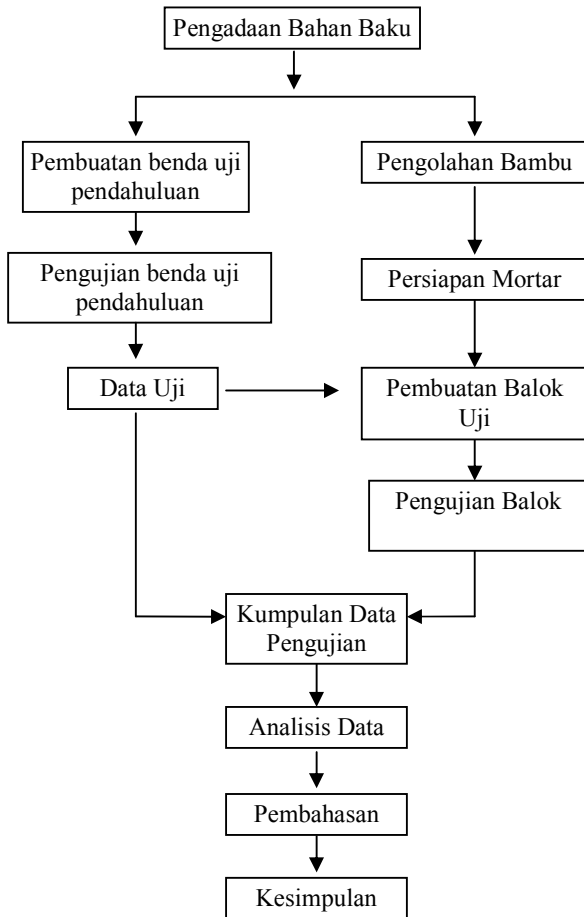
Gambar 1. *Setting up* pengujian lentur (sumber Morisco, 1999) [3]

Pengujian kapasitas lentur balok ini menggunakan balok bambu tanpa pengisi (bambu kosong) dan bambu dengan pengisi mortar yang berdiameter luar antara 8-10 cm, dan panjang benda uji 320 cm sebanyak 10 buah benda uji. Untuk pembagi beban titik menjadi dua titik beban menggunakan balok kayu berukuran panjang 100 cm yang diletakkan pada bagian tengah balok bambu, seperti yang tertera dalam Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian balok bambu

Alur Penelitian



Gambar 3. Bagan alir pelaksanaan penelitian

Tahapan pembuatan benda uji:

- 1) Menyiapkan 10 batang bambu wulung dengan variasi diameter antara 8 – 10 cm.
- 2) Memotong masing-masing bambu menjadi dua bagian yang sama, diukur dari tengah batang bambu ke arah pangkal sepanjang 320 cm dan dari tengah batang bambu ke arah ujung sepanjang 320 cm.
- 3) Memberi kode untuk balok bambu kosong dan kode untuk balok bambu isi mortar dengan BIMA untuk tiap batang atas dan kode BIMB untuk tiap batang bawah.
- 4) Melubangi semua ruas dari 10 batang bambu (5 batang atas dan 5 batang bawah) dengan menggunakan pipa besi.
- 5) Membersihkan kotoran atau debu yang ada didalam rongga bambu dengan cara dibilas dalam air.
- 6) Menutup salah satu ujung batang bambu dengan menggunakan plastik dan diikat dengan lakban agar tidak lepas.

- 7) Menimbang pasir kondisi SSD 30 kg, semen 10 kg, air 5 liter dan *superplasticizer* 200 ml secara teliti.
- 8) Memasukkan pasir dan semen kedalam tempat adukan dan mencampurnya dengan rata.
- 9) Mencampur air dengan *superplasticizer*, kemudian menuangkannya ke dalam campuran pasir dan semen, aduk hingga menjadi campuran mortar.
- 10) Memasukkan campuran mortar ke dalam rongga bambu tiap sepertiga tinggi lalu padatkan menggunakan besi sampai rongga bambu terisi penuh, kemudian ratakan permukaannya.
- 11) Ulangi langkah 1 sampai dengan 4 untuk tiap sampel bambu.
- 12) Diamkan selama 28 hari.
- 13) Balok bambu dengan pengisi mortar diuji setelah berumur 28 hari.

Tahapan Pengujian

- 1) Menyesuaikan ketinggian *Loading Frame* dengan menggeser *Frame* yang melintang ke atas atau ke bawah sesuai ketinggian yang diinginkan.
- 2) Memasang perletakan sendi pada dasar *Frame* dengan bentang 300 cm.
- 3) Memasang *Hydraulic Jack* pada *Frame* bagian atas dan menghadap ke bawah.
- 4) Balok bambu yang akan diuji diletakan di atas tumpuan sendi.
- 5) Memasang pendistribusian beban melintang diatas balok dan disesuaikan dengan jarak pendistribusian beban yang direncanakan.
- 6) Setelah balok dalam posisi seimbang dan stabil kemudian dipasang *Load Cell* diantara *Hydraulic Jack* dan batang pendistribusian beban.
- 7) Memasang *Dial Gauge* di bagian atas balok uji dan jarum disetel pada posisi angka 0.
- 8) Menghubungkan kabel *Load Cell* ke *Tranducer*.
- 9) Menghubungkan kabel *Power Supply Tranducer* ke *Trafo* 110 volt.
- 10) Menghidupkan *Trafo* sehingga pada alat *Tranducer* muncul angka.
- 11) Memompa *Pressure Pump* perlahan lahan sehingga terbaca suatu angka pada *Tranducer*.
- 12) Memberi beban pada balok dengan cara memompa *pressure pump* perlahan-lahan disesuaikan dengan kenaikan angka pada *Tranducer*.
- 13) Mencatat setiap kenaikan angka pada tranducer dan diberi nomor pembebanan.
- 14) Mencatat besarnya penurunan balok yang ditunjukkan oleh dial gauge untuk setiap nomor pembebanan.
- 15) Melanjutkan penambahan beban hingga mencapai beban maksimal yaitu ditandai dengan tidak bertambahnya angka pada tranducer meskipun pemompaan dilakukan.

- 16) Mencatat besar beban maksimum yang ditunjukkan angka pada transducer.
- 17) Melanjutkan pembebanan hingga angka pada *transducer* mengalami dua atau tiga kali penurunan dan menghentikan pembebanan.

Pengujian karakteristik/pendahuluan bambu secara garis besar meliputi uji tarik, uji lentur, uji tekan, dan uji geser. Pada pembuatan benda uji karakteristik bambu, benda uji untuk masing-masing pengujian diambil dari bagian tengah batang bambu yang diambil secara acak. Benda uji berjumlah 6 buah, 3 benda uji berasal dari batang bambu bagian atas dan 3 benda uji dari batang bambu bagian bawah.

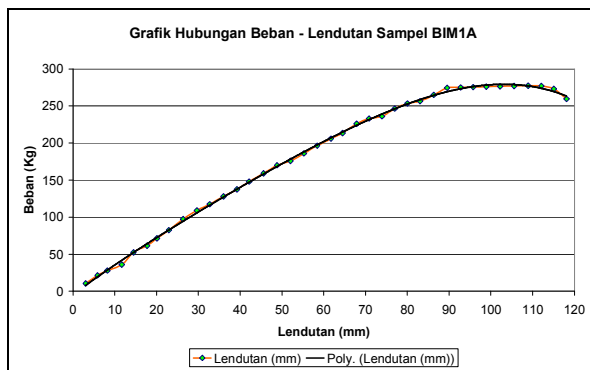
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian pendahuluan diatas diperoleh data-data sebagai berikut:

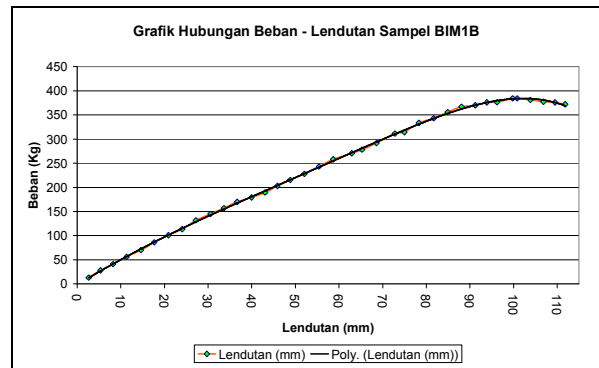
- a. Kuat geser sejajar serat bambu rata-rata sebesar 33,0176 kg/cm²
- b. Kuat tarik sejajar serat bambu rata-rata sebesar 1122,92 kg/cm²
- c. Kuat lentur bambu rata-rata 287,381 kg/cm²
- d. Kuat geser bambu 33,0176 kg/cm²
- e. Kadar air bambu 132,03 %
- f. Kerapatan bambu 0,4621 gr/cm³
- g. Kuat tekan mortar umur 7 hari 135,53 kg/cm²
- h. Jari-jari luar bambu (r_2) 5,5 cm
- i. Jari-jari dalam bambu (r_1) 5,0 cm

Dari data-data uji pendahuluan, maka dapat dicari besarnya L kritis. Dari perhitungan didapat L kritis sepanjang 102,737 cm, sehingga panjang balok bambu dengan pengisi mortar yang akan digunakan dalam pengujian kapasitas lentur balok adalah 320 cm ($L > L$ kritis).

Gambar 4 dan gambar 5 menyajikan hasil uji balok bambu dengan pengisi mortar.



Gambar 4. Grafik hubungan beban-lendutan pada sampel BIM1A



Gambar 5. Grafik hubungan beban-lendutan pada sampel BIM1B

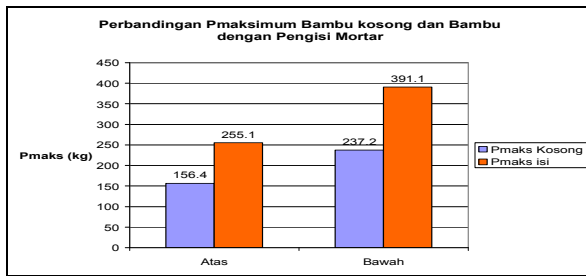


Gambar 6. Kerusakan akibat lentur ditengah bentang balok bambu isi mortar bagian bawah

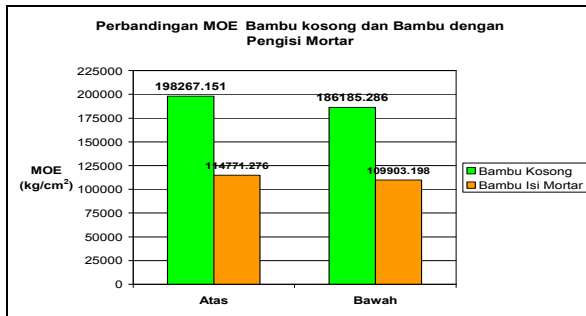


Gambar 7. Kerusakan akibat lentur ditengah bentang balok bambu isi mortar bagian atas

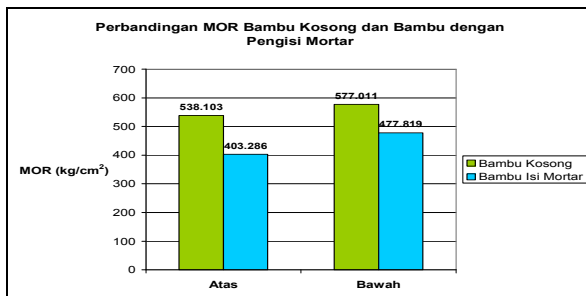
Gambar 6 dan gambar 7 menyajikan kerusakan benda uji akibat lentur di tengah bentang balok bambu isi mortar bagian bawah dan bagian atas.



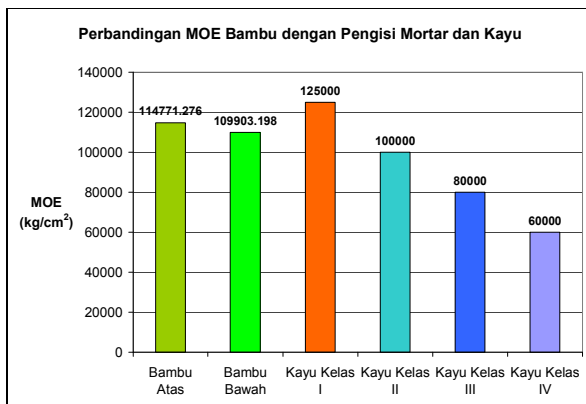
Gambar 8. Diagram perbandingan P maksimum bambu kosong dan bambu dengan pengisi mortar



Gambar 9. Diagram perbandingan MOE bambu kosong dan bambu dengan pengisi mortar



Gambar 10. Diagram perbandingan MOR bambu kosong dan bambu dengan pengisi mortar



Gambar 11. Diagram perbandingan MOE bambu isi mortar dengan kayu

Berdasar analisa data di atas didapat bahwa balok bambu pengisi mortar memberikan peningkatan beban maksimum yang dapat diperoleh yaitu sebesar

255,1 kg untuk bagian atas bambu dan 391,1 kg untuk bagian bawah bamboo (gambar 8), bila dibandingkan dengan balok bambu kosong sebesar 156,4 kg untuk bagian atas dan 237,2 kg untuk bagian bawah bambu. Atau rata-rata mengalami peningkatan menahan beban maksimum rata-rata sebesar 63,95% terhadap balok bambu tanpa pengisi mortar. Hal ini membuktikan bahwa bambu dengan pengisi mortar memberikan pengaruh peningkatan beban maksimum yang cukup signifikan.

Berdasar perhitungan analisis kapasitas lentur balok bambu wulung dengan pengisi mortar didapat bahwa nilai MOE sebesar 114771,276 kg/cm² (bagian atas), 109903,198 kg/cm² (bagian bawah) (gambar 9) dan nilai MOR sebesar 403,286 kg/cm² (bagian atas), 477,819 kg/cm² (bagian bawah). Ternyata hasilnya lebih rendah dari kapasitas lentur bambu kosong, yaitu dengan MOE sebesar 198267,151 kg/cm² (bagian atas), 186185,286 kg/cm² (bagian bawah) dan nilai MOR sebesar 538,103 kg/cm² (bagian atas), 557,011 kg/cm² (bagian bawah) (gambar 10). Atau kapasitas lentur balok bambu wulung dengan pengisi mortar mengalami penurunan nilai MOE rata-rata sebesar 41,5% dan nilai MOR rata-rata sebesar 19,6% terhadap kapasitas lentur bambu kosong. Hal ini disebabkan bambu kosong memiliki momen inersia dan modulus penampang yang lebih rendah dari pada bambu dengan pengisi mortar, sehingga memiliki kapasitas lentur yang lebih besar daripada bambu dengan pengisi mortar.

Dari perbandingan *Modulus Of Elasticity* bambu dengan pengisi mortar dan kayu (gambar 11) terlihat bahwa bambu dengan pengisi mortar memiliki MOE yang lebih rendah dari kayu kelas I tetapi lebih tinggi dari kayu kelas II, atau setara dengan kayu jenis rengas, meranti putih, meranti merah, rasamala dan mahoni.

5. SIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa:

- Besar beban maksimum yang mampu diterima balok bambu pengisi mortar mengalami peningkatan terhadap balok bambu kosong rata-rata sebesar 63,95 %.
- Besar *Modulus Of Rupture* (MOR) balok bambu dengan pengisi mortar mengalami penurunan terhadap balok bambu kosong rata-rata sebesar 19,6%.
- Besar *Modulus Of Elasticity* (MOE) balok bambu dengan pengisi mortar mengalami penurunan terhadap balok bambu kosong rata-rata sebesar 41,5%.
- Penambahan mortar dalam rongga bambu memiliki nilai MOE yang lebih tinggi terhadap kayu kelas II, tetapi memiliki nilai MOE yang lebih rendah terhadap kayu kelas I, sehingga

bambu dengan pengisi mortar dapat digunakan sebagai bahan pengganti kayu kelas II atau setara dengan kayu jenis rengas, meranti putih, meranti merah, mersawa, rasamala dan mahoni.

6. REKOMENDASI

Penelitian ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan dengan mengganti sampel uji bambu dengan jenis bambu yang lain seperti bambu petung, bambu apus maupun bambu ori.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Aryanto DN dan Devi KA atas bantuan pelaksanaan penelitian dan kepada BPI Fakultas Teknik UNS atas bantuan dana penelitian.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gere, J.M. dan Timoshenko, S.P., 2000, "Mekanika Bahan", Jilid 1, Edisi Keempat, alih bahasa Bambang Suryatmono, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2] LPMB, 1961, "Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia", NI-15 PKKI-1961, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- [3] Morisco, 1999, "Rekayasa Bambu", Nafiri Offset, Yogyakarta.
- [4] Setiyabudi, A, 2006, " Pengaruh Dimensi Bilah, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi Bambu Peting", Tesis S2, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta (tidak diterbitkan).
- [5] Shupe T.F., Cheng P, Chung Y.H., 2002, "Value-Added Manufacturing Potential for Honduran Bamboo", Final Report to Honduran Counterparts, Lanticitilla National Park, Esnacifor, Cuprofor.
- [6] Tjokrodimulyo, K, 1996, "Teknologi Beton", *Gajah Mada Press*, Yogyakarta.